

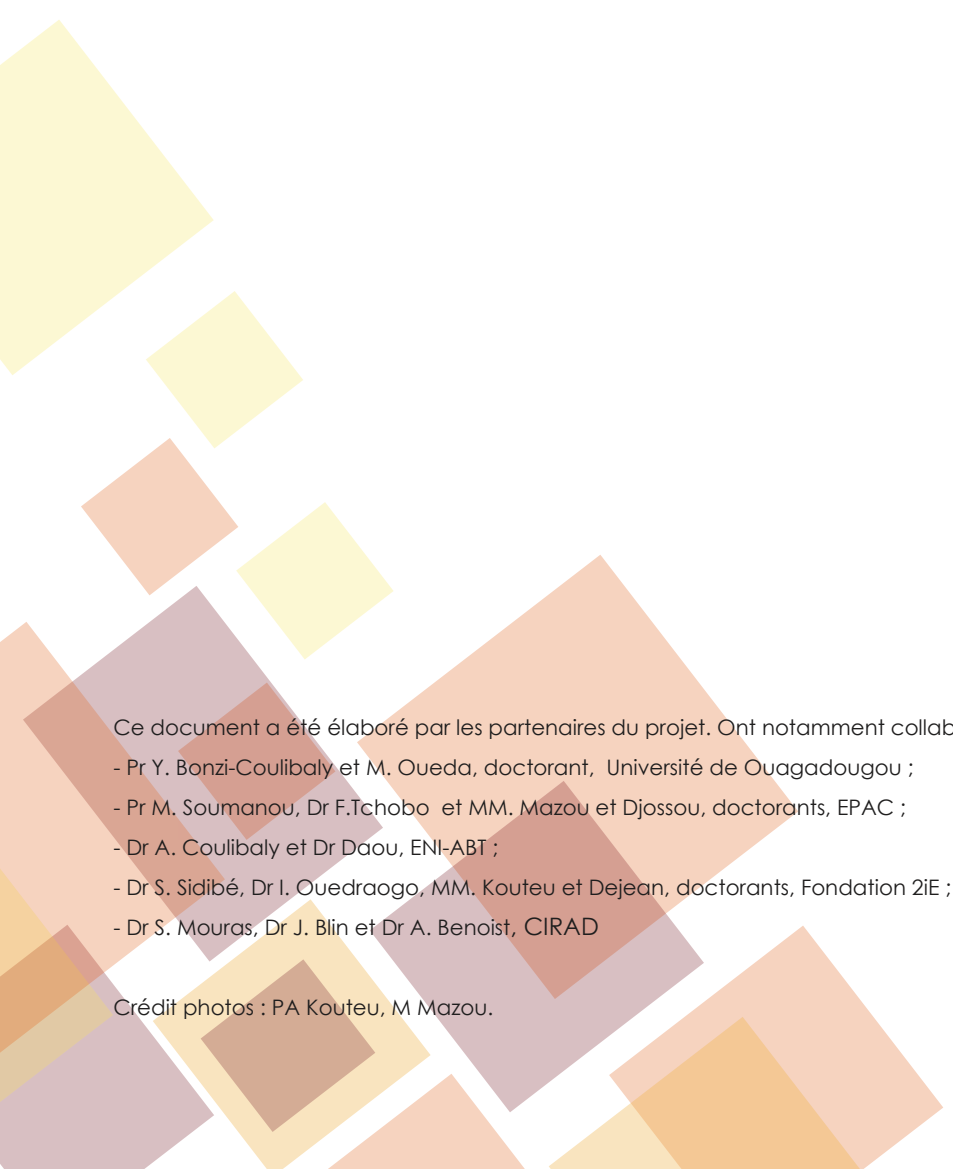


# PRONOVABIO

**Vers une production  
durable et innovante  
de biocarburants  
en adéquation avec  
les potentiels et  
les besoins de l'Afrique**

PRONOVABIO est un projet de recherche sur les biocarburants  
financé par l'Union Africaine sur fonds de l'Union Européenne.



A collection of overlapping, semi-transparent geometric shapes in various shades of yellow, orange, and brown, arranged in a cluster in the bottom-left corner of the page.

Ce document a été élaboré par les partenaires du projet. Ont notamment collaboré :

- Pr Y. Bonzi-Coulibaly et M. Oueda, doctorant, Université de Ouagadougou ;
- Pr M. Soumanou, Dr F.Tchobo et MM. Mazou et Djossou, doctorants, EPAC ;
- Dr A. Coulibaly et Dr Daou, ENI-ABT ;
- Dr S. Sidibé, Dr I. Ouedraogo, MM. Kouteu et Dejean, doctorants, Fondation 2iE ;
- Dr S. Mouras, Dr J. Blin et Dr A. Benoist, CIRAD

Crédit photos : PA Kouteu, M Mazou.

## CONTEXTE : Des besoins en énergie non satisfait en milieu rural

Développer l'accès à des services énergétiques est une priorité pour l'Afrique, dans le double objectif de soutenir un développement économique durable et d'augmenter la part des ressources renouvelables dans le mix énergétique (le taux d'électrification en Afrique est inférieur à 20% et descend en dessous de 10% en milieu rural).

### *Pourquoi les biocarburants ?*

Les biocarburants apparaissent comme une solution pour

les pays d'Afrique car ils peuvent être produits localement à partir de ressources végétales, ce qui permet une meilleure maîtrise de l'approvisionnement. Ils permettent la création ou une meilleure valorisation des filières agricoles, notamment oléagineuses. Enfin, ils devraient permettre le développement d'activités économiques en milieu rural à travers les activités de collecte et de traitement des ressources pour l'approvisionnement des centrales de production d'énergie.

## OBJECTIF DU PROJET : Mettre au point des carburants répondant aux différents besoins à partir de matières premières produites localement

En Afrique de l'Ouest, les initiatives pour les biocarburants se concentrent essentiellement sur la production d'huiles végétales. D'un point de vue technique, plusieurs possibilités de valorisation énergétique des huiles sont possibles :

- ◆ la transestérification préalable des huiles pour obtenir un carburant (biodiesel) aux caractéristiques proches du gasoil, utilisable dans les véhicules de transport.

- ◆ l'emploi d'huiles végétales brutes à 100%, ou de mélanges huile végétale brute-gasoil, pour la production de force motrice et d'électricité avec des moteurs stationnaires.

**Le projet se concentre sur deux voies de production de biocarburants : les mélanges d'huiles végétales/ gasoil d'une part et la transestérification des huiles végétales d'autre part.**

## RESULTATS



### **Biodiesel pour le transport : remplacer le méthanol par du bioéthanol**

Les procédés industriels de transestérification sont difficilement utilisables au sud, du fait du manque de disponibilité du méthanol, un des réactifs utilisés. Il est possible de synthétiser des biodiesels à partir de bioéthanol. Cependant, les rendements en catalyse chimique homogène (milieu liquide) sont faibles et la séparation du biodiesel obtenu d'avec les coproduits plus difficile du fait de leur miscibilité.

**Le projet a mis au point une série de catalyseurs solides permettant de très bons rendements en transestérification, associés à une méthode simple de purification du biodiesel obtenu.**

## Des catalyseurs solides pour augmenter les rendements en biodiesel et faciliter la purification

### Catalyseurs à base d'enzymes d'origine végétale

Les lipases sont connues pour leur activité catalytiques dans les réactions d'hydrolyse et de transestérification des huiles végétales. elles permettent de réaliser la réaction en condition douce, de transformer une grande variété de matières grasses et agissent simultanément sur les triglycérides et les acides gras libres. Les lipases le plus souvent utilisées et étudiées sont des lipases de microorganismes tels que microbes, levures ou champignons. Elles doivent être purifiées avant utilisation ce qui induit un coût de préparation très élevé. **Les travaux ont porté sur l'identification de nouvelles lipases issus de graines oléagineuses d'une part et de latex de plantes d'autre part.**

#### Catalyseurs lipases de graines végétales

Des tests de mise en évidence de l'activité en éthanolyse ont été réalisés sur les graines de 6 plantes : *Jatropha Curcas*, *Jatropha Mahafalensis*, *Moringa Drouhardii*, *Moringa Oleifera*, *Adansonia Grandidieri* et *Adansonia Suarezensis*.

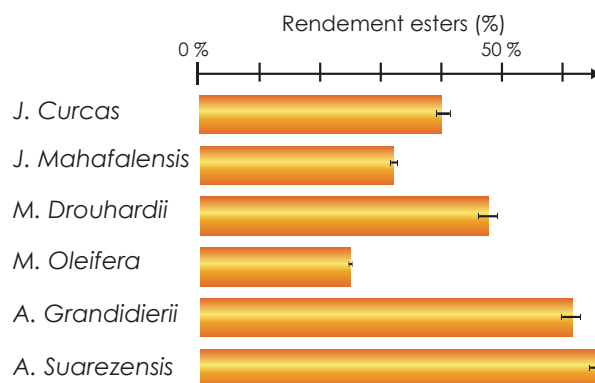


Les influences de l'état de la graine (germée ou dormante), du mode de délipidation, du ratio molaire TAG/éthanol et de la température sur l'activité en éthanolyse des différentes poudres ont été étudiées au cours de cette mise en évidence. Seules les graines germées ont une activité significative. Les poudres des espèces du même genre présentent des sensibilités similaires vis-à-vis de l'éthanol, du solvant de délipidation et de la température de réaction. Les poudres les plus actives sont les poudres de *J. mahafalensis* et *A. grandidieri*. *A. grandidieri* n'est pas apparue sélective par rapport à la longueur de chaîne carbonée d'un ester éthylique et d'un triacylglycérol, alors que celle de *J. mahafalensis* a présenté une sélectivité qui est fonction de la nature du substrat utilisé. Ensuite les conditions d'utilisation de ces deux poudres végétales pour la synthèse des esters en milieu non aqueux ont été déterminées en étudiant l'influence d'autres facteurs (activité de l'eau, glycérol, polarité de l'alcool). L'activité de ces poudres au cours de la transestérification est inversement proportionnelle à la polarité de l'alcool utilisé et de la quantité du glycérol, sous-produit de cette réaction. La poudre d' *A. grandidieri* est celle qui est la plus sensible au glycérol, et ce comportement a été attribué à ses propriétés hydrophiles.

Un état d'hydratation respectivement de 3,5 % et 10,7 % pour les poudres d' *A. grandidieri* et de *J. mahafalensis* est nécessaire pour garantir une activité optimale en transestérification éthanolique.

Enfin, le meilleur rendement en esters éthyliques (96,2 %) est obtenu avec la poudre d' *A. grandidieri* au bout de 96 h de réaction en employant la stratégie des ajouts dosés d'alcool.

La faisabilité d'une transestérification en milieu aqueux catalysée par les poudres végétales d' *A. grandidieri* et de *J. mahafalensis* a été investiguée. Des esters éthyliques ont pu être synthétisés en milieu aqueux avec ces poudres et un rendement de 96,3 % a été obtenu.



Activité des graines germées en éthanolyse.

Le projet a démontré que certaines lipases de graines végétales sont de bons catalyseurs de la transestérification des huiles à condition d'adapter le procédé à leur spécificité, c'est à dire procéder par ajout dosé d'alcool pour éviter l'inhibition du catalyseur (au plus 10 mol d'éthanol pour 2 moles d'huile) et maintenir un minimum d'eau dans le milieu pour exprimer l'activité catalytique (humidité de la poudre et 1 à 5 % d'eau dans l'éthanol maximum). Dans ces conditions, il a été possible d'obtenir une conversion quasi complète (>96%) des triglycérides. Cependant, la cinétique des réactions est beaucoup plus lente qu'avec d'autres types de catalyseurs.

## Catalyseurs lipases de latex végétal

Douze plantes à latex ont été identifiées dans la sous-région. Trois latex échantillonnés sur ces plantes ont montré une activité catalytique en hydrolyse : les latex d'*Euphorbia unispina*, d'*Euphorbia poissonii* et de *Ficus trichopoda*. L'activité catalytique en hydrolyse a été caractérisée sur ces trois latex puis l'activité catalytique en transestérification a été étudiée pour *Ficus trichopoda*. Pour ces études, les latex sont prélevés, séchés et pulvérisés avant d'être utilisés comme catalyseurs.

### Activité catalytique en hydrolyse :

L'activité catalytique des latex en hydrolyse dépend du pH du milieu réactionnel. Un pH proche de 5 favorise la réaction d'hydrolyse des huiles en acides gras. L'activité catalytique en hydrolyse dépend aussi de la température de réaction. Les trois latex ne présentent pas le même optimum de température. L'optimum est de 35°C pour *Ficus trichopoda*, 60°C pour *Euphorbia unispina*, et 70°C pour *Euphorbia poissonii*. Il est intéressant de voir que les lipases ont une bonne stabilité thermique, puisque qu'ils conservent une activité catalytique significative jusqu'à 90°C.

### Activité catalytique du latex de *F. Trichopoda* en transestérification :

L'activité présente une certaine typosélectivité, c'est à dire qu'elle dépend de la nature de l'huile. On peut dire que l'activité est favorisée avec les huiles végétales plutôt insaturées et avec des chaînes carbonées de 16 à 20 carbones (cas de l'huile de soja et de palme). Les huiles avec une majorité d'acides gras saturés et/ou avec des chaînes carbonées plus courtes (huile de coco) favorisent moins l'activité de l'enzyme. Enfin, l'huile d'arachide présentent un fort taux d'insaturation mais des chaînes carbonées très longues (C20 à C24), ce qui semble également nuire à l'activité catalytique.

Un plan d'expérience a été réalisé pour étudier l'influence de la quantité de latex, le temps de réaction, l'activité de l'eau et le ratio molaire huile:alcool sur l'activité catalytique du latex de *F. trichopoda*.

Dans les conditions optimales (ratio massique de latex de 25% par rapport à l'huile, ratio molaire huile:éthanol de 1:5, temps de réaction de 7 jours, activité de l'eau à 0.63), un rendement en ester de 46% est obtenu.

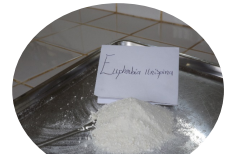
Le rendement en ester peut être augmenté à 52 % par un second cycle de transestérification. Des travaux complémentaires sont nécessaires pour mettre au point un procédé permettant d'atteindre un meilleur rendement en ester et de diminuer les temps de réaction.



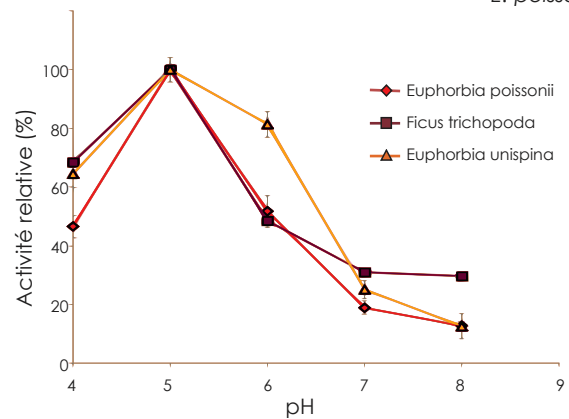
Latex de *F. trichopoda*



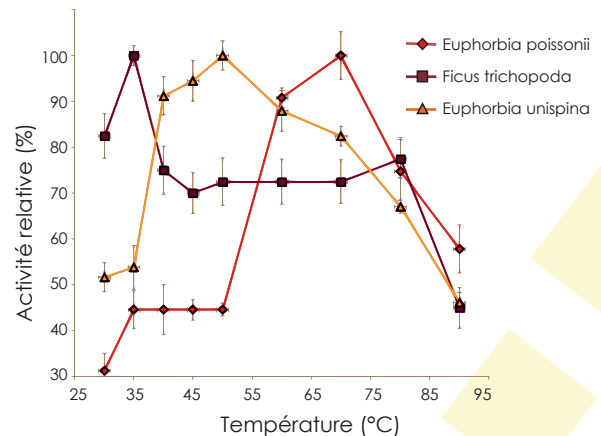
Latex de *E. unispina*



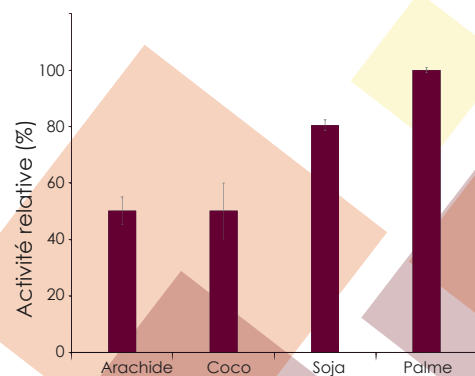
Latex de *E. poissonii*



Influence du pH sur l'activité des latex en hydrolyse.



Influence de la température de réaction sur l'activité des latex en hydrolyse.



Activité de *F. trichopoda* en transestérification pour différentes huiles végétales.

## Catalyseurs à base de charbon végétal

Dans la famille des catalyseurs solides, les matériaux carbonés ont montré leur efficacité grâce à leur caractère poreux et leur capacité d'adsorption. Cependant, la synthèse de ces catalyseurs se fait en deux étapes de traitement thermique séparées par une phase de réhumidification, ce qui rend le procédé énergivore et coûteux. Les travaux ont porté sur l'optimisation d'une méthode de synthèse en une seule étape.

Des charbons actifs ont été préparés en utilisant des coques de noix de karité imprégnées d'une solution potasse (KOH) puis pyrolysées.

L'activité catalytique de ces charbons dépend essentiellement de la température de pyrolyse et du ratio massique d'imprégnation (KOH/biomasse). Ainsi, des charbons fabriqués à une température de 650°C pendant 2 heures et un taux d'imprégnation de 14% donnent un rendement en biodiesel supérieur à 90%. L'activité catalytique est due à la présence d'une phase cristallisée de carbonate de potassium ( $K_2CO_3$ ) dispersée dans les pores du charbon.

La réaction de transestérification avec ce catalyseur est très rapide : on obtient 80% de conversion en moins de 15 min. Le rendement maximum (> 95%) est atteint en 30 min.

La température de réaction peut être abaissée à 30°C par rapport à ce qui se fait classiquement en catalyse homogène (60-70°C). La masse de catalyseur pour atteindre de hauts rendements en biodiesel doit être de 10% en masse par rapport à la masse d'huile.

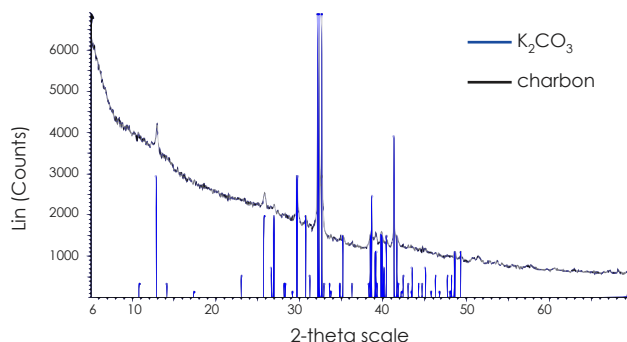
Le ratio molaire éthanol/huile doit être de 12 : 1. Un excès d'alcool plus important diminue le rendement en biodiesel.

Le catalyseur est sensible à la présence d'eau dans le milieu réactionnel : du bioéthanol anhydre doit être utilisé.

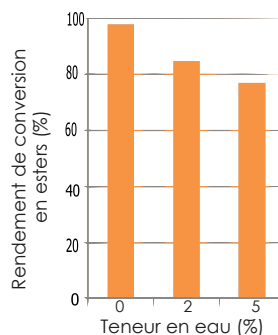
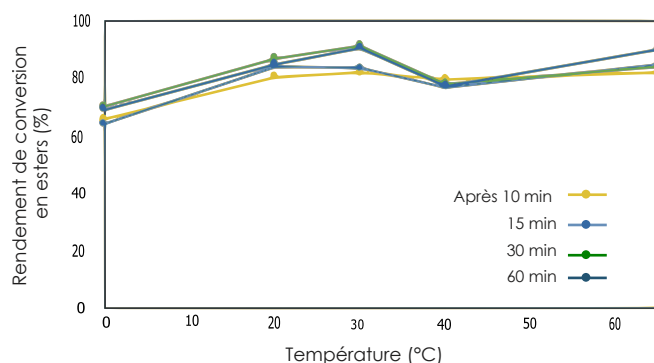
Pour être réutilisé, le catalyseur doit être régénéré par un traitement thermique à au moins 300°C. Il peut alors être réutilisé jusqu'à 3 fois.

Les résultats ont pu être reproduits à l'échelle pilote : une production de 3 kg de catalyseur pour la synthèse de 10 litres de biodiesel a été réalisée. Le rendement obtenu en biodiesel est de 97%.

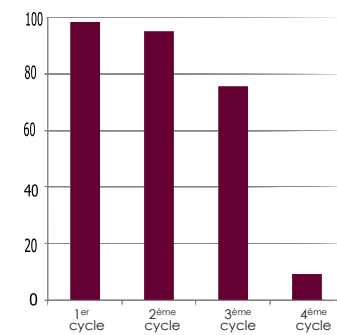
Au final, le procédé envisagé est l'utilisation d'une colonne de charbon dans laquelle les réactifs (alcool + huile) s'écoulent, comme décrit dans le schéma ci-dessous.



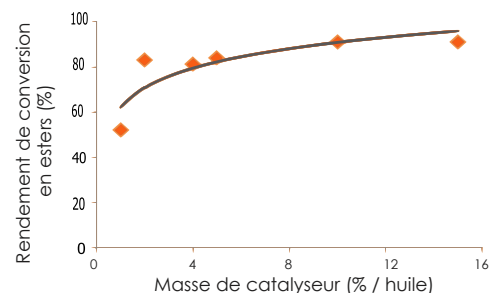
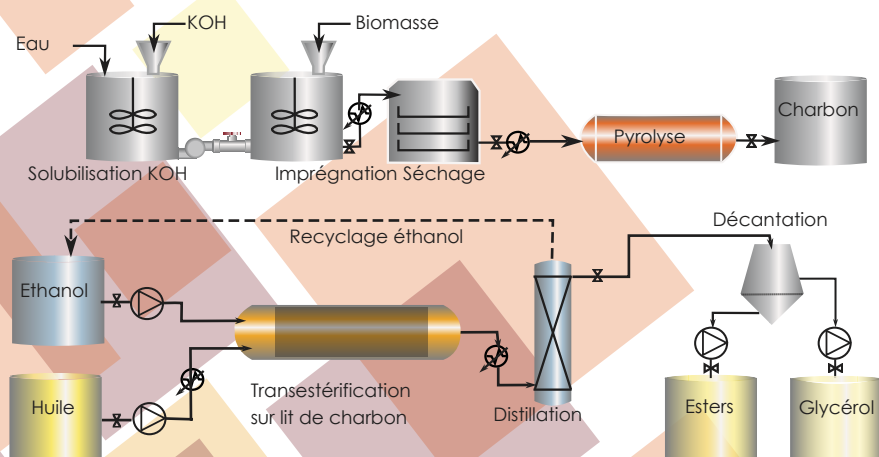
Diffractogramme RX d'un charbon : on peut observer la présence d'une phase de  $K_2CO_3$



Influence de la teneur en eau sur le rendement en ester. Charbon produit à 650°C/2h/14% KOH.



Cycles de réutilisation après traitement thermique. Charbon produit à 650°C/2h/14% KOH.

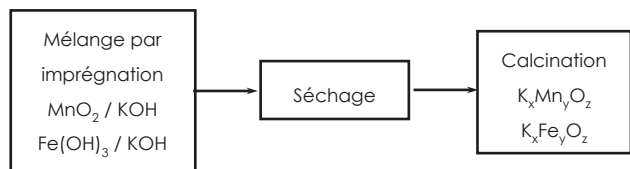


Influence de la quantité de catalyseur présente dans le milieu réactionnel sur le rendement en ester. Charbon produit à 650°C/2h/14%KOH

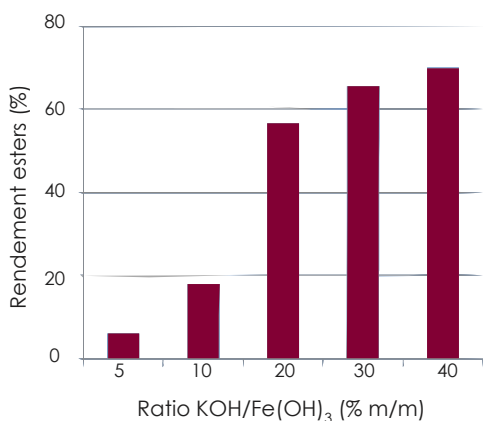
## Catalyseurs à base d'oxydes métalliques

Les oxydes métalliques sont également réputés pour catalyser la transestérification des huiles, en particulier les oxydes de métaux de transition et alcalino-terreux. Cependant, la réaction doit être opérée à forte température et/ou pression. L'idée est d'explorer l'activité catalytique d'oxydes doubles de métaux alcalins et de transition. En effet, les oxydes de métaux alcalins ont une forte activité mais aussi une forte solubilité dans le milieu. Les oxydes de transition ont une activité faible à température et pression normales mais une faible solubilité. L'hypothèse est qu'un oxyde double de ces deux types de métaux peut allier forte activité et faible solubilité. Les travaux ont porté sur les couples potassium/manganèse (K/Mn) et potassium/fer (K/Fe).

Synthèse des catalyseurs :

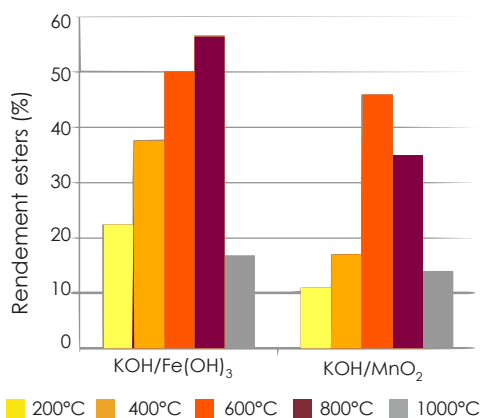


Activité catalytique et ratio de KOH à l'imprégnation :



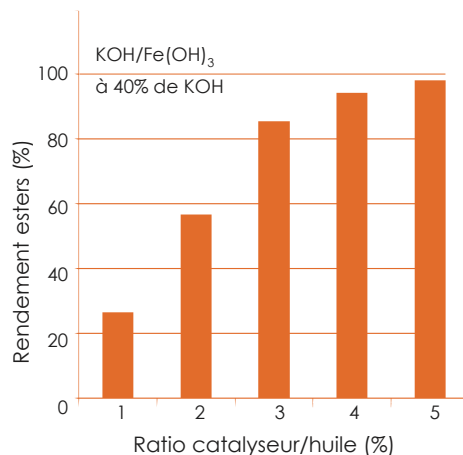
L'activité catalytique augmente avec la quantité de KOH imprégnée dans l'oxyde de fer. Le même résultat est obtenu avec l'oxyde de manganèse.

Activité catalytique et température de calcination :



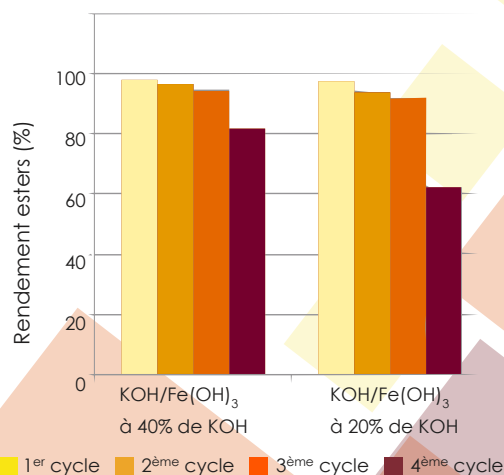
La meilleure température de calcination est de 800°C avec le fer et 600°C avec le manganèse. Au delà de ces température, on observe une réduction des oxydes qui abaisse l'activité catalytique.

Activité catalytique et ratio de catalyseur lors de la réaction :



L'activité catalytique augmente avec le ratio de catalyseur dans le milieu réactionnel et dans la gamme observée. Il faut un minimum de 5% de catalyseur par rapport à la masse d'huile pour avoir une bonne activité.

Activité catalytique et réutilisation du catalyseur :



Le catalyseur peut être réutilisé 3 fois sans traitement préalable et sans baisse significative du rendement en ester. Au 4<sup>ème</sup> cycle, on observe une chute de rendement de l'ordre de 20% qui peut être atténuée par l'augmentation du temps de réaction. Un procédé analogue à celui pour les charbons peut être utilisé.



## Des charbons de biomasse siliceuse pour purifier le biodiesel par adsorption du glycérol

Le biodiesel synthétisé dans les procédés commerciaux de transestérification est en général purifié par lavage à l'eau. Cela génère de grands volumes d'eau polluée à traiter et un surcoût d'investissement. Le biodiesel peut être purifié à l'aide de charbons actifs préparés à base de la balle de riz. L'adsorption peut être utilisée dans la purification du biodiesel en raison de sa facilité de mise en œuvre, son coût modéré et de la capacité de régénération des adsorbants.

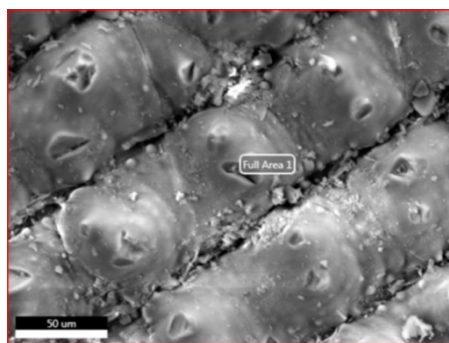
La balle du riz est un coproduit dérivé de la transformation du riz paddy (le riz brut). La proportion de balle résultant du décorticage du riz paddy fluctue entre 17 et 23 % selon la variété. Ce résidu de riz abondamment disponible et renouvelable, est généralement utilisé comme engrais pour la fertilisation des sols. Il peut également être utilisé comme précurseur des charbons actifs. Le charbon de la balle de riz est un adsorbant riche en silice qui contribue à accroître l'efficacité de l'adsorption.

Le principe est d'éliminer le glycérol du biodiesel par adsorption sur les charbons activés à l'acide phosphorique ou au chlorure de zinc. Nos travaux de recherche ont montré que les charbons actifs issus de la balle de riz possèdent des propriétés adsorbantes vis-à-vis du glycérol dans le biodiesel.

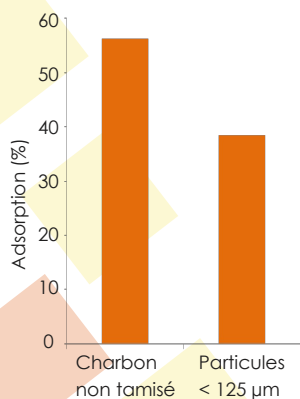
La méthode de préparation a consisté à laver la matière à l'eau distillée pour éliminer les impuretés notamment le sable puis la sécher à l'air libre à l'abri de la poussière. Le charbon est préparé après imprégnation de la balle de riz avec une solution 0.2 N de  $ZnCl_2$  pendant 48 heures. La balle de riz imprégnée est lavée à l'eau désionisée afin d'éliminer les restes des agents d'activation. Les matrices activées sont séchées dans une étuve

à 125 °C pendant 4 heures. Elles sont ensuite calcinées à 400°C, dans un four électrique. En effet, les travaux ont montré que c'est à cette température de calcination que l'adsorption est maximale. La purification du biodiesel est réalisée avec un taux de 4% (m/m biodiesel) de charbon actif. Le charbon est ensuite éliminé par filtration sur papier filtre.

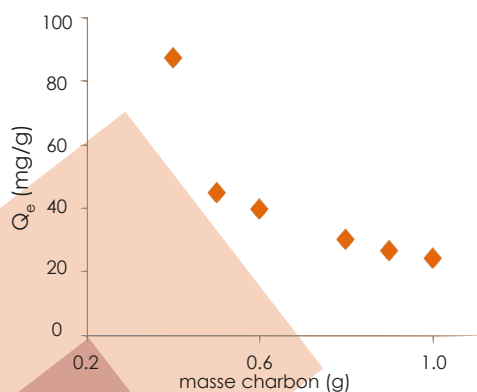
**Le taux d'adsorption du glycérol atteint 72%** pour un mélange charbon/biodiesel à 4% durant un temps de contact de 30 mn à la température de 50°C. Le taux d'adsorption est plus élevé sur des particules de charbon de taille supérieure à 125 micromètres. Le recyclage pour une 2<sup>ème</sup> utilisation est effectué par lavage à l'éthanol absolu du charbon déjà utilisé. Après usage, la capacité d'adsorption du charbon est réduite de moitié.



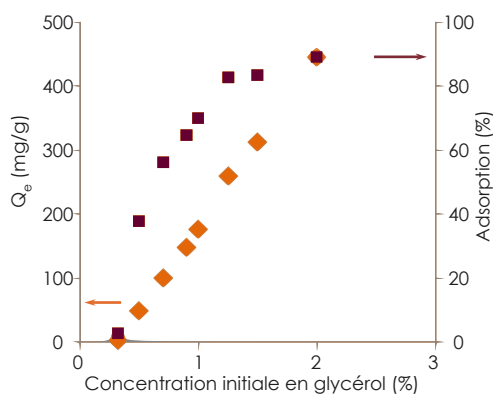
Structure du charbon actif observée au microscope électronique à balayage. Elle présente une faible porosité mais beaucoup de fonctions de surface.



La finesse des particules ne facilite pas l'adsorption du glycérol. Il n'est donc pas nécessaire de tamiser le charbon.



L'adsorption est d'autant plus efficace que le rapport entre la quantité de glycérol et la masse de charbon est faible. Conditions : 10 g de biodiesel, 150 rpm, 50 °C, 30 mn, (a) 0,32 % de glycérol, (b) 0.4 g de charbon.





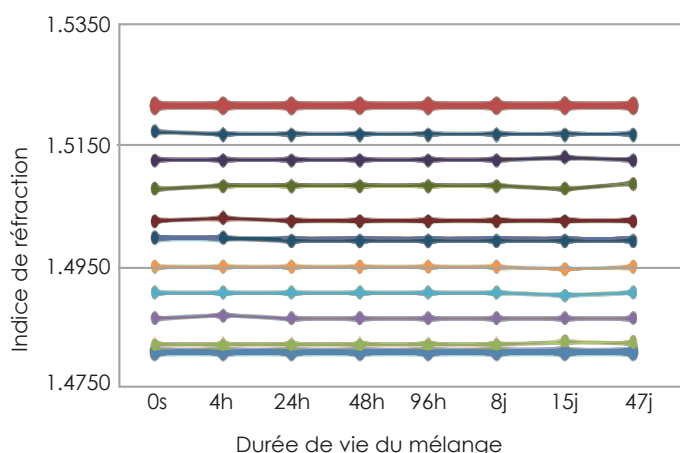


## Mélanges huile gazoil pour moteurs fixes : des additifs d'origine végétale pour stabiliser les mélanges

L'emploi des huiles végétales brutes est envisageable pour des applications en moteur stationnaire (groupes électrogènes, moulins, motopompes ...) qui fonctionnent à des taux de charge élevés (>60%). La faible quantité d'huile disponible sur le marché peut être palliée en utilisant des mélanges huile-gazoil. Cependant, l'inhomogénéité de la qualité du gazoil importé et des huiles végétales produites, ainsi que les fortes variations de température dans la journée rendent ces mélanges instables, avec séparation de phases dans le temps. Cet état les rend impropres à l'injection dans les moteurs. **Le projet a mis au point des formulations de mélanges stables avec des constituants d'origine végétale : le glycérol (sous produit de la transestérification des huiles) et le CNSL (ou cashew nut shell liquid, baume présent dans la coque des noix d'anacarde).**

Des mélanges Gazoil (GO)/huile de jatropha, GO/CNSL et GO/glycerol ont été formulés à différents taux d'incorporation des constituants et agités vigoureusement. La stabilité des mélanges dans le temps a été déterminée par la mesure de l'indice de réfraction de la lumière, qui présente de fortes variations dans le cas où des séparations de phases se produisent.

Sur une période de trois mois, aucune séparation de phase n'est observée pour les mélanges GO/huile de jatropha, et GO/CNSL, et ce quel que soit le taux d'incorporation. Pour le mélange GO/glycérol, on observe une séparation de phase, dès 5% de glycérol, qui est probablement due à la différence de polarité entre les deux composants. Un tensio-actif doit donc être utilisé pour stabiliser ce mélange. Le CNSL s'est avéré un bon tensio actif. Les mélanges tertiaires GO/Glycerol/CNSL se sont montrés stables pendant plus de 15 jours jusqu'à la proportion 10/45/45.



Indice de réfraction pour le mélange GO-CNSL, dans les proportions de 10 à 90 % de CNSL.

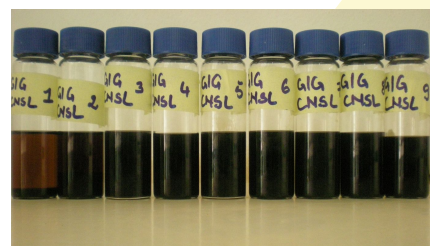
Des mélanges stables de GO/huile de jatropha, GO/CNSL et GO/Glycérol/CNSL ont pu être formulés. Leur stabilité a été vérifiée pendant un mois et demi à trois mois. Cependant, le glycérol et le CNSL induisent une augmentation de la quantité d'eau et d'acidité dans le mélange rendant les mélanges non conformes aux normes en vigueur sur les carburants. Une neutralisation préalable des produits seraient donc nécessaires.



Mélange GO-Huile de Jatropha, dans des proportions de 10 à 90% d'huile.



Mélange GO-Glycérol, dans des proportions de 10 à 90% de glycérol.



Mélange GO-Glycérol-CNSL, dans des proportions de 10 à 90% de GO, et le reste en 50-50% CNSL-Glycérol.

	Masse volumique (g/cm3)	Viscosité à 40°C (cSt)	Teneur en eau (ppm)	Teneur en sédiments (ppm)	Acidité (mg KOH/g)	PCI (kJ/kg)
Norme	0.9 - 0.95	--	1000	50	10	40000
Huile/GO 20/80	0.88	7.49	974	12	12.78	39802
CNSL/GO 20/80	1.04	30.53	4317	7	68.43	38927
CNSL/Gly/GO 10/10/80	1.01	23.95	3300	10.21	51.09	37438

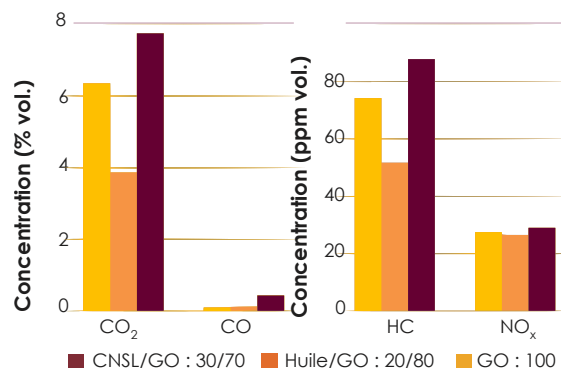
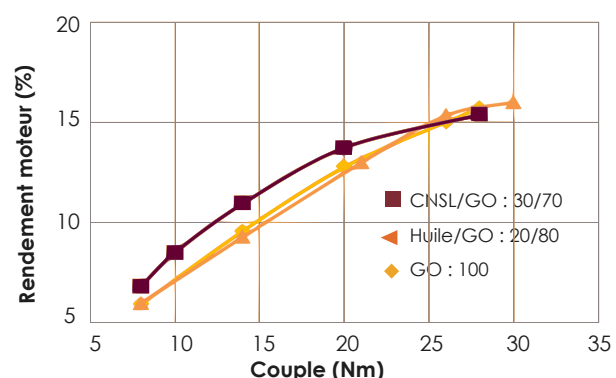
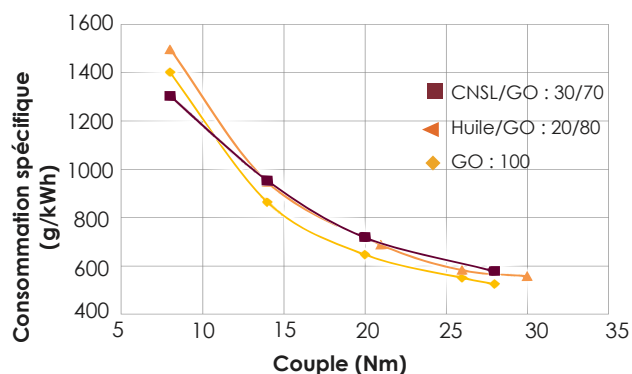


## Des nouveaux carburants performants en combustion en moteur

Des tests de combustion en moteur ont été réalisés sur certains des carburants produits : les mélange huile/GO, CNSL/GO, le biodiesel produit par catalyse sur charbon et le biodiesel produit par catalyse sur lipase de graines oléagineuses.

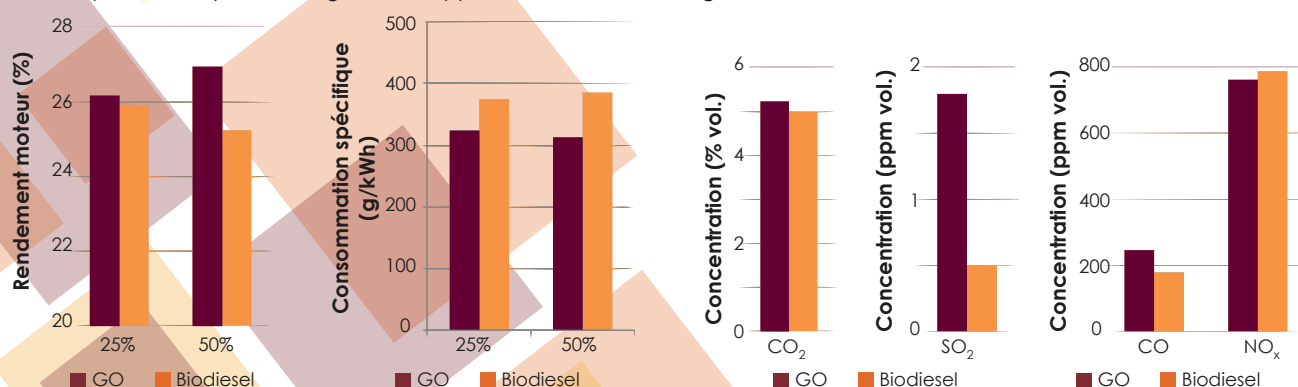
Le moteur fonctionnant avec les mélanges présente une consommation spécifique plus importante que le gasoil seul. Ceci s'explique par un PCI légèrement plus faible de l'huile. De même, il présente une température de gaz d'échappement plus élevée. Pour certains mélanges, notamment Huile/GO 30/70 et CNSL/GO 20/80, le rendement du moteur lors de la combustion est légèrement supérieur à celui du gasoil seul. La composition des gaz d'échappement pour les mélanges huile/GO est proche de celle du gasoil seul. Pour les mélange CNSL/GO, la composition des gaz d'échappement présente une concentration en monoxyde de carbone supérieure à celle pour le gasoil seul.

Le biodiesel obtenu par catalyse sur charbon ou sur lipase a pu être utilisé sans difficulté : il n'est pas nécessaire d'avoir un système de bicarburant pour les biodiesels, dont les caractéristiques physico-chimiques sont très proches de celles du gasoil. La consommation spécifique à vide du moteur est légèrement plus élevée puisque là encore le PCI est un peu plus faible que celui du gasoil (33kJ/kg vs 43 kJ/kg). Mais la différence de consommation spécifique diminue quand la charge du moteur augmente. Le même phénomène est observé sur le rendement du moteur. En ce qui concerne les gaz d'échappement, les concentrations en CO, CO<sub>2</sub> et SO<sub>2</sub> sont inférieures à celles obtenues avec du gasoil seul, et la concentration en NO<sub>x</sub> est équivalente.



Caractéristique d'un moteur fonctionnant avec les différents mélanges : consommations spécifiques et rendement en fonction du niveau de charge du moteur ; composition moyenne des gaz d'échappement.

Caractéristiques d'un moteur fonctionnant avec le biodiesel (catalyse lipasique) : consommation spécifique à 25 et 50% de charge du moteur ; composition moyenne des gaz d'échappement à 50 % de charge du moteur.





## Des impacts environnementaux globalement plus faibles que ceux des produits pétroliers

Les impacts environnementaux de carburants étudiés dans le cadre du projet Pronovabio ont été mesurés et comparés par Analyse de Cycle de Vie (ACV). L'ACV est une méthode normée (ISO 14040 et 14044) d'évaluation des impacts environnementaux d'un produit ou d'un service. La principale caractéristique de cette méthode est d'être globale, à la fois dans la description du produit (cycle de vie) et de l'environnement (approche multi-critères).

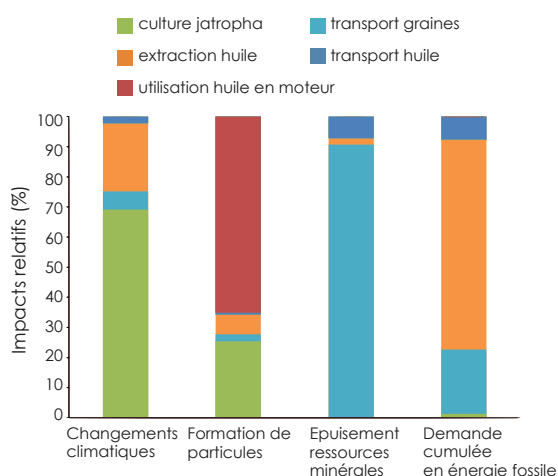
L'étude d'ACV menée dans le cadre du projet souffre malheureusement de nombreuses incertitudes, liées à différents facteurs :

- L'étude s'inscrit dans une démarche prospective, certains carburants étudiés, tels que les esters éthyliques d'huile de Jatropha, n'existant pas à l'heure actuelle à l'échelle industrielle : la description des filières étudiées repose donc sur différentes extrapolations et estimations ;
- La méthode ACV est très gourmande en données, dont la disponibilité pour l'Afrique de l'Ouest se révèle limitée, ce qui a

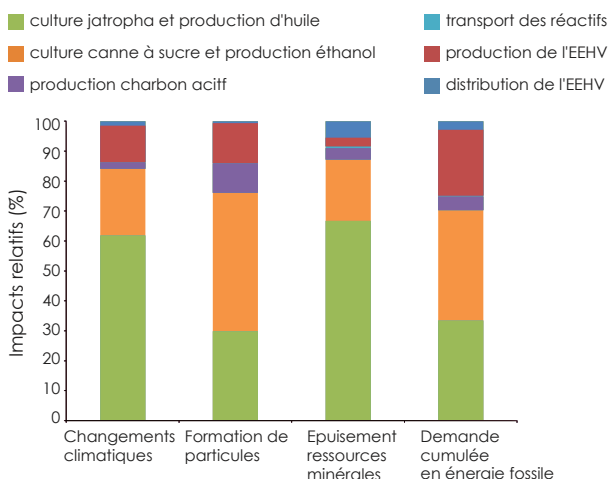
nécessité un travail d'adaptation des données disponibles, généralement représentatives de systèmes européens ; et

- Les méthodes disponibles d'évaluation des impacts locaux et régionaux, liés par exemple à la qualité de l'air ou à la pollution des eaux, ne sont pas adaptées au contexte de l'Afrique de l'Ouest, et leurs résultats sont donc à prendre avec précautions.

Toutefois, le travail réalisé a permis de disposer de premiers résultats quant à l'intérêt environnemental des biocarburants étudiés en Afrique de l'Ouest.



Origine des impacts de la production et de l'utilisation d'Huile Végétale Pure de Jatropha



Origine des impacts de la production d'Ester Ethylique d'huile de Jatropha (l'utilisation de l'ester a été exclue faute de données)

### Principales conclusions et perspectives des ACV comparatives

Critère	HVP Jatropha pour moteur stationnaire: Comparaison au fioul / DDO	EEHV Jatropha pour véhicule: Comparaison au gasoil	Perspectives pour les carburants à base d'huile de Jatropha	
			En termes de réduction d'impact des carburants	En termes de modèle ACV
Changement climatique	++	++	Meilleure gestion de la fertilisation lors de la culture du Jatropha	Néant
Formation de particules	=	-	Néant	Obtention de données d'émissions spécifiques
Epuisement ressources minérales	-	- -	Rationalisation des équipements utilisés	Néant
Demande cumulée en énergie fossile	++	++	Diminution des consommations électriques	Néant

- ++ Impact **très inférieur** à celui du carburant fossile
- + Impact **inférieur** à celui du carburant fossile
- = Impact **équivalent** à celui du carburant fossile
- Impact **supérieur** à celui du carburant fossile
- - Impact **très supérieur** à celui du carburant fossile

Ces résultats présentent les éléments les plus significatifs obtenus. Les indicateurs relatifs à la diminution de la couche d'ozone, aux radiations ionisantes, à la formation d'ozone photochimique, à l'acidification et à l'eutrophisation, n'ont pas été présentés ici, faute de conclusions d'intérêt pour les carburants à base d'huile de Jatropha.

## PARTENAIRES



Fondation 2iE, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, (laboratoire Bioénergie et Biocarburant), est spécialisé dans la conversion énergétique de la biomasse et la synthèse et caractérisation des biocarburants à base d'oléagineux. Il contribue à la mise au point de catalyseurs hétérogènes et enzymatiques, à l'optimisation de la réaction de transestérification et à la formulation des mélanges. Il est également coordinateur du projet.



L'EPAC, Ecole Polytechnique Abomey Calavi (Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire) au Bénin, a une compétence dans le domaine du génie enzymatique. Il contribue à la mise au point de catalyseurs à base d'enzymes végétales.



L'ENI-ABT, Ecole Nationale d'Ingénieur Abderrahmane Baba Touré, (laboratoire de Thermique Appliquée) au Mali, est spécialisé dans la combustion des carburants en moteur. Il a en charge les essais de validation de la combustion des carburants.



L'Université de Ouagadougou (laboratoire de Chimie Analytique, Environnementale et Bioorganique) qui a développé une compétence sur des matériaux organiques et minéraux ayant des propriétés adsorbantes. Elle prend en charge les travaux sur la séparation du biodiesel d'avec le milieu réactionnel.



Le CIRAD, Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (UR Biomasse énergie et UMR late) a une compétence reconnue en valorisation énergétique de la biomasse, ses impacts environnementaux et sa rentabilité économique, ainsi qu'en génie enzymatique. Il contribue à la mise au point de catalyseurs hétérogènes et a en charge l'analyse économique et environnementale des procédés.

## FICHE SIGNALÉTIQUE

Programme	Subvention de recherche de l'Union Africaine / 10ème FED Union Européenne
Pays cibles	Zone UEMOA
Coordinateur	2iE Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement Burkina Faso Sylvie Mouras (sylvie.mouras@cirad.fr)
Bénéficiaires	Opérateurs économiques utilisant du gasoil dans leur procédé, Producteurs de graines et d'huile, Utilisateurs d'électricité en zone décentralisée, Propriétaires de véhicules à moteur Diesel.
Mots clés	Biocarburants, biodiesel, huile végétale, énergie renouvelable.
Durée	21/12/2012– 20/12/2016
Budget	€ 1 100 000 ( contribution UA : 68%)
Contrat	AURG/209/2013 – CRIS 305-975



Le contenu de ce document relève de la seule responsabilité des partenaires techniques du projet et ne peut en aucun cas être considéré comme reflétant la position de l'Union Européenne ou de l'Union Africaine.